

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-285923

(P2001-285923A)

(43) 公開日 平成13年10月12日 (2001. 10. 12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 Q 7/34

H 0 4 Q 7/04

B 5 K 0 3 3

H 0 4 B 7/26

H 0 4 B 7/26

K 5 K 0 6 7

H 0 4 L 12/28

H 0 4 L 11/00

3 1 0 B

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-99530(P2000-99530)

(22) 出願日 平成12年3月31日(2000. 3. 31)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 稲沢 良夫

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 金子 幸司

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100066474

弁理士 田澤 博昭 (外1名)

Fターム(参考) 5K033 AA04 DA01 DA17 DB17 EA03

5K067 AA01 EE10 EE23 EE41 GG08

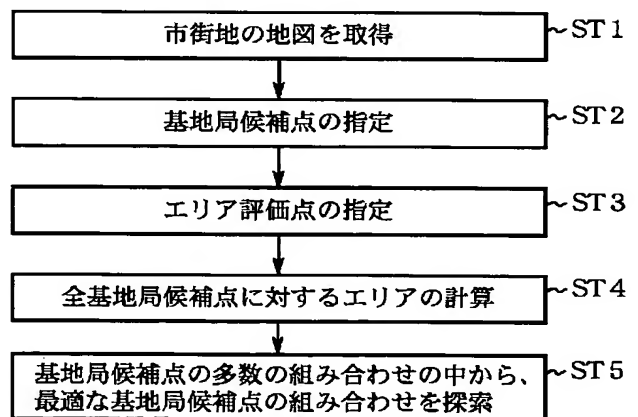
HH21 LL11

(54) 【発明の名称】 基地局配置パターン決定方法

(57) 【要約】

【課題】 従来の基地局配置パターン決定方法では、シミュレーションを実施する前に複数の配置パターンを用意する必要があり、配置パターンの作成に手間がかかり、必ずしも最適パターンを得られないという課題があった。

【解決手段】 基地局配置の対象地域に係る地図を用意するステップST1と、基地局候補点を指定するステップST2と、エリア評価点を指定するステップST3と、基地局候補点毎に通信可能エリアを導くステップST4と、基地局配置に係る目的に応じた評価関数を設定した後、遺伝的アルゴリズムを適用して最適な基地局配置パターンを決定するステップST5とを有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基地局配置の対象地域について、電波が伝播する際に影響を与える建造物の形状等の情報を備えた地図を用意する第1のステップと、用意された地図上において、基地局を設置可能な場所を検出して、それぞれを基地局の設置可能な基地局候補点として指定する第2のステップと、基地局配置の対象地域内における通信可能エリアを特定するために、受信能力の評価位置として離散的に与えられるエリア評価点を指定する第3のステップと、各基地局候補点毎に、当該基地局候補点に基地局が設置された場合における全てのエリア評価点の受信電力を求めて、所定のしきい値以上の受信電力が得られて通信可能位置と判定されるエリア評価点の集合として与えられる通信可能エリアを導き、それぞれの基地局候補点について当該候補点に基地局が建造された場合の通信可能エリアを導く第4のステップと、基地局の設置に係る基地局候補点の組み合わせに応じた遺伝子情報表現形式を選択するとともに、基地局配置に係る目的に応じた評価関数を設定して、遺伝的アルゴリズムを適用して前記評価関数の与える適合度を最大にする遺伝子情報を探索して、最適な基地局配置パターンを決定する第5のステップとを有することを特徴とする基地局配置パターン決定方法。

【請求項2】 第4のステップにおいて、各基地局候補点毎に全てのエリア評価点の受信電力をシミュレーションにより求めることを特徴とする請求項1記載の基地局配置パターン決定方法。

【請求項3】 第4のステップにおいて、各基地局候補点に基地局を仮設して、その際の全てのエリア評価点における受信電力を実測することで、各基地局候補点毎に全てのエリア評価点の受信電力を求めることを特徴とする請求項1記載の基地局配置パターン決定方法。

【請求項4】 第4のステップにおいて、各エリア評価点が通信可能位置であるか否かを判定するために用いられる受信電力のしきい値に所定の幅のマージンを設けて、その範囲のなかから実際の通信環境に応じて適切なしきい値を選択することを特徴とする請求項1記載の基地局配置パターン決定方法。

【請求項5】 第5のステップにおいて、全エリア評価点が通信可能エリアになるとともに、基地局設置に係る基地局候補点の数が少ないものほど値が大きくなる評価関数を設定することを特徴とする請求項1記載の基地局配置パターン決定方法。

【請求項6】 第5のステップにおいて、全エリア評価点のなかで所定の割合以上のエリア評価点が通信可能エリアに含まれるとともに、基地局設置に係る基地局候補点の数が少ないものほど値が大きくなる評価関数を設定することを特徴とする請求項1記載の基地局配置パターン決定方法。

【請求項7】 第4のステップにおいて、各基地局候補点毎に全てのエリア評価点の受信電力をシミュレーションにより求める際に、直接波のみに係るレイトレーシングを実施して各エリア評価点での受信電力を算出することを特徴とする請求項2記載の基地局配置パターン決定方法。

【請求項8】 第4のステップにおいて、それぞれの基地局候補点について想定される基地局の各種類毎に全てのエリア評価点の受信電力を求めて通信可能エリアを導き、

また、第5のステップにおいて、基地局の種類数に応じた遺伝子情報表現形式を選択することを特徴とする請求項1記載の基地局配置パターン決定方法。

【請求項9】 第5のステップにおいて、特定の複数のエリア評価点の集合からなる領域をカバーする基地局の数が少なくなるほど値が大きくなる評価関数を設定することを特徴とする請求項1記載の基地局配置パターン決定方法。

【請求項10】 第5のステップにおいて、基地局配置の対象地域における基地局設置に係るトータルコストが低くなるほど値が大きくなる評価関数を設定することを特徴とする請求項1記載の基地局配置パターン決定方法。

【請求項11】 第4のステップにおいて、既設の基地局または設置確定の基地局について通信不可能位置と判定されるエリア評価点の集合からなるデッドエリアを特定し、

また、第5のステップにおいて、デッドエリアに属する全てのエリア評価点が通信可能エリアになるとともに新設される基地局候補点の数が少ないものほど値が大きくなる評価関数を設定することを特徴とする請求項1記載の基地局配置パターン決定方法。

【請求項12】 請求項1から請求項11に記載された基地局配置パターン決定方法を実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、無線通信システムにおいて使用される基地局の配置パターンの決定方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図14は、例えば特開平8-317458号公報に記載された従来の基地局の配置パターン決定方法を示すフローチャートである。また、図15は、基地局の配置パターンおよび当該配置パターンに基づく通信可能エリアを示す図である。

【0003】上記の従来の基地局配置パターン決定方法によれば、図14に示されるように、第1に所定のサービス計画エリアに対して基地局配置に係る複数の異なる配置パターンを用意する（ステップST51）。次に、

## 3

用意された複数の配置パターンのなかから1つの配置パターンを選択する(ステップST52)。次に、選択された配置パターンについて、サービス計画エリア内の電界強度分布をシミュレーションにより求める(ステップST53)。シミュレーション結果が導かれれば、サービス計画エリア内において電波が届く範囲を求めて品質評価値を算出する(ステップST54)。この方法では、サービス計画エリアの面積に対する通信可能エリアの面積の比率が品質評価値として算出される。

【0004】次に、選択された配置パターンに係るコスト評価値を算出する(ステップST55)。コスト評価値に影響を与える変数としては、主として基地局の設置数が挙げられる。品質評価値およびコスト評価値が算出されれば、選択された配置パターンを表すデータに関連させて算出された品質評価値およびコスト評価値をデータベースに記憶する(ステップST56)。そして、ステップST51で用意された全ての配置パターンについてステップST52からステップST56の処理を繰り返す(ステップST57)。

【0005】上記のような方法を用いることで、図15に示されるような種々の配置パターンについての品質評価値およびコスト評価値が求められて、これらのデータを基にして設計者が最適な配置パターンを決定する。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の基地局配置パターン決定方法は以上のものであるので、シミュレーションを実施する前に複数の配置パターンを用意する必要があり、配置パターンの作成に手間がかかるとともに、良好な配置パターンを作成するためには基地局配置に係る専門的知識が要求されるという課題があった。

【0007】また、設計者が選択できる配置パターンは最初に用意した複数の配置パターンのなかのものに限定されるので、他に最適な配置パターンが存在していても当該最適な配置パターンを得ることができないという課題があった。

【0008】この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、配置パターンの作成等の手間を省くとともに、最適な配置パターンを得ることができる基地局配置パターン決定方法を得ることを目的とする。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】この発明に係る基地局配置パターン決定方法は、基地局配置の対象地域について、電波が伝播する際に影響を与える建造物の形状等の情報を備えた地図を用意する第1のステップと、用意された地図上において、基地局を設置可能な場所を検出して、それぞれを基地局の設置可能な基地局候補点として指定する第2のステップと、基地局配置の対象地域内における通信可能エリアを特定するために、受信能力の評価位置として離散的に与えられるエリア評価点を指定する第3のステップと、各基地局候補点毎に、当該基地局

## 4

候補点に基地局が設置された場合における全てのエリア評価点の受信電力を求めて、所定のしきい値以上の受信電力が得られて通信可能位置と判定されるエリア評価点の集合として与えられる通信可能エリアを導き、それぞれの基地局候補点について当該候補点に基地局が建造された場合の通信可能エリアを導く第4のステップと、基地局の設置に係る基地局候補点の組み合わせに応じた遺伝子情報表現形式を選択するとともに、基地局配置に係る目的に応じた評価関数を設定して、遺伝的アルゴリズムを適用して前記評価関数の与える適合度を最大にする遺伝子情報を探索して、最適な基地局配置パターンを決定する第5のステップとを有するようにしたものである。

【0010】この発明に係る基地局配置パターン決定方法は、第4のステップにおいて、各基地局候補点毎に全てのエリア評価点の受信電力をシミュレーションにより求めるようにしたものである。

【0011】この発明に係る基地局配置パターン決定方法は、第4のステップにおいて、各基地局候補点に基地局を仮設して、その際の全てのエリア評価点における受信電力を実測することで、各基地局候補点毎に全てのエリア評価点の受信電力を求めるようにしたものである。

【0012】この発明に係る基地局配置パターン決定方法は、第4のステップにおいて、各エリア評価点が通信可能位置であるか否かを判定するために用いられる受信電力のしきい値に所定の幅のマージンを設けて、その範囲のなかから実際の通信環境に応じて適切なしきい値を選択するようにしたものである。

【0013】この発明に係る基地局配置パターン決定方法は、第5のステップにおいて、全エリア評価点が通信可能エリアになるとともに、基地局設置に係る基地局候補点の数が少ないものほど値が大きくなる評価関数を設定するようにしたものである。

【0014】この発明に係る基地局配置パターン決定方法は、第5のステップにおいて、全エリア評価点のなかで所定の割合以上のエリア評価点が通信可能エリアに含まれるとともに、基地局設置に係る基地局候補点の数が少ないものほど値が大きくなる評価関数を設定するようにしたものである。

【0015】この発明に係る基地局配置パターン決定方法は、第4のステップにおいて、各基地局候補点毎に全てのエリア評価点の受信電力をシミュレーションにより求める際に、直接波のみに係るレイトレーシングを実施して各エリア評価点での受信電力を算出するようにしたものである。

【0016】この発明に係る基地局配置パターン決定方法は、第4のステップにおいて、それぞれの基地局候補点について想定される基地局の各種類毎に全てのエリア評価点の受信電力を求めて通信可能エリアを導き、また、第5のステップにおいて、基地局の種類数に応じた

## 5

遺伝子情報表現形式を選択するようにしたものである。

【0017】この発明に係る基地局配置パターン決定方法は、第5のステップにおいて、特定の複数のエリア評価点の集合からなる領域をカバーする基地局の数が少なくなるほど値が大きくなる評価関数を設定するようにしたものである。

【0018】この発明に係る基地局配置パターン決定方法は、第5のステップにおいて、基地局配置の対象地域における基地局設置に係るトータルコストが低くなるほど値が大きくなる評価関数を設定するようにしたものである。

【0019】この発明に係る基地局配置パターン決定方法は、第4のステップにおいて、既設の基地局または設置確定の基地局について通信不可能位置と判定されるエリア評価点の集合からなるデッドエリアを特定し、また、第5のステップにおいて、デッドエリアに属する全てのエリア評価点が通信可能エリアになるとともに新設される基地局候補点の数が少ないものほど値が大きくなる評価関数を設定するようにしたものである。

【0020】この発明に係るコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、上記の基地局配置パターン決定方法を実行させるためのプログラムを記録したものである。

## 【0021】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態1. 図1は、この発明の実施の形態1による基地局の配置パターン決定方法を示すフローチャートである。図1に示されるように、第1に、基地局の設置を実施する対象地域について、電波が伝播する際の障害となる建造物の形状等の3次元情報を備えた地図を用意する(ステップST1(第1のステップ))。なお、2次元の地図しか入手できない場合には、建造物の階数等から建造物の高さを推定して3次元の地図を作成することができる。また、建造物の高さが無限であると仮定して2次元の問題として扱うことも可能である。

【0022】対象地域に係る地図が用意できれば、地図上において基地局を設置可能な場所を検出して、それぞれ基地局の候補点として指定する(ステップST2(第2のステップ))。このような基地局を設置可能な場所としては、建造物の屋上や電柱の上部等が挙げられる。図2は、基地局配置の対象地域を示す概略図である。図2において、四角形は対象地域に存在する建造物を示すものである。この場合、建造物の屋上の角部を基地局の候補点として指定するものとする。図2においては、このように指定された $m$ 個の候補点 $S_1, S_2, \dots, S_m$ を丸印で示している。

【0023】次に、対象地域内における通信可能エリアを特定するために、離散的に与えられる受信能力の評価位置としてのエリア評価点を指定する(ステップST3(第3のステップ))。通信可能エリアを特定するに際

## 6

しては、指定された全てのエリア評価点について受信電力を算出して、通信可能とみなされる基準レベル以上の受信電力が得られたエリア評価点の集合により通信可能エリアを表現する。図3は、図2と同一の対象地域において指定されたエリア評価点を示す図である。図3に示されるように、対象地域において通信可能エリアを特定できるように、 $n$ 個のエリア評価点 $P_1, P_2, \dots, P_n$ が指定される。

【0024】次に、各基地局候補点毎に全てのエリア評価点の受信電力をシミュレーションで求めて、それぞれの基地局候補点について当該候補点に基地局が建造された場合の通信可能エリアを導出する(ステップST4(第4のステップ))。なお、受信電力をシミュレーションで求める方法については、例えばK. R. Schaubach and N. J. Davis "Microcellular Radio-Channel Propagation Prediction", IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 36, No. 4, August 1994に記載されている。この方法は、コンピュータ・グラフィックスで用いられているレイトレーシングを応用して、直接波、反射波、透過波、散乱波および回折波等を考慮することで、レイトレーシングを電波伝播について拡張したものである。図4は、シミュレーションにおける電波伝播の態様を示す図である。図4に示されるように、直接波のみではなく、建造物の壁面で反射する電波、建造物を回り込むように回折する電波等をレイトレースして受信位置における受信電力を算出する。

【0025】図5は、図2と同一の対象地域に係るシミュレーション結果を示す図である。図5において、1は建造物、2はシミュレーションにおいて基地局が設置されることが想定された基地局候補点、3で示される丸印は基地局が候補点2に設置された場合にシミュレーションにより算出された受信電力が所定のしきい値以上であって通信が可能であると判定された通信可能位置、4で示される×印は基地局が候補点2に設置された場合にシミュレーションにより算出された受信電力が所定のしきい値未満であって通信が不可能であると判定された通信不可能位置である。そして、通信可能位置3の集合を通信可能エリアとみなすことで、それぞれの基地局候補点2について当該候補点に基地局が建造された場合の通信可能エリアを特定することができる。

【0026】各基地局候補点に係る通信可能エリアがシミュレーションにより導かれれば、基地局設置に係る基地局候補点についての多数の組み合わせのなかから、最適な基地局候補点の組み合わせを探索する(ステップST5(第5のステップ))。基地局配置パターンは基地局候補点 $S_1, S_2, \dots, S_m$ の組み合わせで表現することができ、任意の組み合わせに係る基地局配置パターンでカバーできる全通信可能エリアは当該組み合わせに含まれる各基地局候補点についての通信可能エリアを合成したものとして与えられる。

【0027】この実施の形態においては、最適な基地局配置パターンとして、全てのエリア評価点が通信可能エリアになるとともに基地局候補点の数が最も少ない基地局候補点の組み合わせを探索する。この最適な基地局パターンの探索は、複数のエリア評価点のなかで通信可能エリアに含まれるエリア評価点が多いほど、また基地局候補点の数が少ないほど大きな値をとる評価関数を規定することで実現することができる。すなわち、最適な基地局配置パターンを求める問題は、多数の基地局候補点のなかから上記評価関数を最大にする組み合わせを求め、最適な解を導くために全ての組み合わせを単純に探索することは困難である。

【0028】本願発明では、最適な組み合わせを探索するために、遺伝的アルゴリズムを採用する。遺伝的アルゴリズムについては、例えば「遺伝的アルゴリズムの基礎」（オーム社、1994年発行）に記載されている。この遺伝的アルゴリズムを用いることで、膨大な解候補の空間から効率よく最適解を見つけることが可能となる。

【0029】次に、図1に示されるフローチャートの最後の処理工程であるステップST5について、遺伝的アルゴリズムを用いて最適な基地局候補点の組み合わせを探索する方法について説明する。図6は、遺伝的アルゴリズムを用いた最適解探索方法を示すフローチャートである。まず、上記の基地局の配置パターン探索問題を遺伝的アルゴリズムで解くためには、任意の基地局候補点の組み合わせを遺伝的アルゴリズムで解析可能な形式で表す必要がある。表現方法には種々のものを考えることができるが、ここでは任意の基地局候補点の組み合わせをmビットからなるビット列として表現する。すなわち、m個の基地局候補点について順番に、当該基地局候補点を基地局設置場所として選択する場合には1を設定し、選択しない場合には0を設定することで、m個の0または1の数字により基地局候補点の組み合わせを表現する。

【0030】例えば、図2に示されるように基地局候補点が順番にS1, S2, ..., Smと与えられるものとするれば、基地局設置に係る1つの基地局候補点の組み合わせが(S1, S3, ..., Sm)である場合には、上記表現方法によれば、当該組み合わせは、図7に示されるように表現される。ここで、0または1で表現される1つの数字を遺伝子とし、このm個の遺伝子で表現されるものを個体と呼ぶ。また、各個体を識別するm個の遺伝子からなる情報およびその部分情報を遺伝子情報と呼ぶ。そして、遺伝的アルゴリズムを適用するに際しては、第1に、ランダムに決定した遺伝子を有する個体をk個生成して、このk個の個体からなる集団{g1, g2, ..., gk}を初期世代G0として設定する(ステップS

T11)。すなわち、初期世代G0は以下のように表される。

$$G_0 = \{g_1, g_2, \dots, g_k\}$$

【0031】次に集団Gi (iは世代の順番を示し、初期世代ではi=0)に含まれる各個体についての適合度を計算する(ステップST12)。この適合度は、各個体の遺伝子情報に対応する基地局候補点の組み合わせについて、全エリア評価点が通信可能エリアになるとともに基地局候補点の数が少ないものほど大きくなるように設定する。このような適合度を与える評価関数としては、種々のものが考えられるが、例えば以下に示すような関数f(m', n')を用いることができる。

$$f(m', n') = (m - m') + C(n - n')$$

ここで、m, n, Cは適当な正の定数である。また、m'は基地局設置に係る基地局候補点の数、n'は全てのエリア評価点のなかで通信可能エリアに含まれないエリア評価点の数である。上式から明かなように、この評価関数を用いれば、m'の値およびn'の値が小さいほど適合度が大きな値になる。

【0032】集団Giに含まれる全ての個体{g1, g2, ..., gk}の適合度が計算されれば、適合度の最大値が更新されたか否かを判定する(ステップST13)。そして、適合度の最大値が更新された場合には、この最大値を与える個体の遺伝子情報および当該遺伝子情報に係る適合度の最大値をメモリに記憶する(ステップST14)。

【0033】次に、現在の世代に係る集団Gi =

{g1, g2, ..., gk}のなかから2つの個体を選択する(ステップST15)。そして、選択された2つの個体について後述する交叉および突然変異の処理を実施して、次世代の個体を2つ生成する(ステップST16)。交叉および突然変異の処理は、選択された2つの個体に対して必ず実施されるものではなく、設定される所定の確率に基づいて実施されるものとする。また、2つの個体の選択については、適合度の大きな個体ほど選択される確率が高くなるように調整するものとする。

【0034】まず、交叉処理について説明する。交叉処理とは、遺伝子列の適当な部位で2つの個体の遺伝子情報を入れ替えるものである。図8は、交叉処理による個体の生成を示す図である。図8に示されるように、例えば2つの個体gi, gjに対して、前半の4つ目の遺伝子で区切って2つの個体の遺伝子情報を入れ替えて、新世代の2つの個体gi', gj'を生成する。なお、図8に示された交叉処理の例では2つの個体の遺伝子情報を1箇所ですり替えるのみであるが、複数箇所ですり替えることもできる。また、入れ替えを実施する位置はランダムに設定することが可能である。

【0035】次に、突然変異処理について説明する。突然変異処理とは、個体の遺伝子情報に突然変位を起こさせるものである。図9は、突然変異処理による個体の生

成を示す図である。図9に示されるように、例えばある個体 $g_i$ の2つの遺伝子を突然変異させて新世代の新たな個体 $g_i'$ を生成する。

【0036】次世代の個体が2つ生成されれば、次世代の個体数が $k$ になったか否かを判定する(ステップST17)。次世代の個体数が $k$ にならない間は、ステップST15およびステップST16の処理を繰り返す。そして、次世代の個体数が $k$ になれば、世代数が探索終了時点の規定するために与えられた所定の数に等しくなったか否かを判定する(ステップST18)。世代数が所定の数に等しくならない間は、ステップST12からステップST17までの処理を繰り返す。また、世代数が所定の数に等しくなれば、メモリに記憶された最大の適合度を与える遺伝子情報により表現された基地局候補点の組み合わせに基づいて、基地局の配置パターンを出力する(ステップST19)。

【0037】上記の遺伝的アルゴリズムの適用については、2つの個体を選択する際に適合度の大きなものが選択されやすいように設定しているために、世代を経るごとに適合度のより大きなものが生成される。そして、多くの世代を経た後、評価関数の値を最大にする遺伝子情報を有する個体が得られる。すなわち、全てのエリア評価点が通信可能エリアに含まれるとともに、設置される基地局の数が少ない組み合わせが得られ、この組み合わせに基づいて基地局の配置パターンを決定することができる。

【0038】以上のように、この実施の形態1によれば、基地局候補点についての多数の組み合わせのなかから最適な基地局候補点の組み合わせを探索するのに遺伝的アルゴリズムを用いているので、膨大な解候補の空間から効率よく解を見つけることができるという効果を奏する。また、基地局候補点の組み合わせの初期設定はランダムに実施すればよいので、専門的知識を要求されることもなく、配置パターンの作成に要する手間を省くことができるという効果を奏する。さらに、適合度のより大きな個体の遺伝子が次世代により多く受け継がれるように設定されているので、世代を経るごとに適合度の大きなものが生成されるから、最適な基地局の配置パターンを得ることができるという効果を奏する。

【0039】また、各基地局候補点毎の通信可能エリアを求める際に、各基地局候補点毎に全てのエリア評価点の受信電力をシミュレーションにより求めるように構成したので、各基地局候補点毎の通信可能エリアを簡便に求めることができるという効果を奏する。さらに、基地局の配置パターンを求めるに際して、全エリア評価点が通信可能エリアになるとともに、基地局設置に係る基地局候補点の数が少ないものほど値が大きくなる評価関数を設定するように構成したので、全エリア評価点が通信可能エリアとなる基地局配置パターンのなかで最も基地局設置に係る基地局候補点の数が少ない基地局配置パ

ターンを最適なパターンとして得ることができるという効果を奏する。

【0040】なお、この実施の形態では、基地局の配置パターンを求めるに際して、全てのエリア評価点が通信可能エリアに含まれることを前提としていたが、全エリア評価点のなかで所定の割合以上のエリア評価点が通信可能エリアに含まれることを前提条件として、設置する基地局の数を減らすように基地局の配置パターンを決定することも考えられる。この場合には、通信可能エリアに対する条件が緩和されるために、得られた基地局配置パターンにより大部分の領域をカバーできるとともに、基地局の数を減らすことができるという効果を奏する。

【0041】また、この実施の形態では、各基地局候補点毎に全てのエリア評価点の受信電力をシミュレーションで求めて、それぞれの基地局候補点について当該候補点に基地局が建造された場合の通信可能エリアを導くに際して、それぞれのエリア評価点が通信可能位置であるか否かは、当該エリア評価点における受信電力が所定のしきい値以上であるか否かに基づいて判定していた。しかし、実際の通信可能判定に係るしきい値すなわち実際に通信可能と判定される受信電力の下限値は通信環境等に応じて変動するものであり、しきい値についてある程度のマージンを設けておくのが望ましい。この場合、通信可能エリアの判定に係るしきい値にある程度のマージンをもたせて、実際の通信環境に応じて適切なしきい値を選択することで、様々な計算誤差の影響を低減できる可能性があるとともに、実際の通信環境に応じた通信可能エリアを導くことができるという効果を奏する。

【0042】さらに、この実施の形態では、各基地局候補点毎に全てのエリア評価点の受信電力をシミュレーションで求めて、当該求められた受信電力の大きさに基づいてそれぞれのエリア評価点について通信可能位置であるか否かの判定を実施していた。これに対して、各基地局候補点に基地局を実際に仮設して、その際の全てのエリア評価点における受信電力を実測して、当該実測値に基づいて通信可能位置であるか否かの判定を実施することも可能である。この場合、シミュレーションによる誤差の影響を排除することができて、最適な基地局配置パターンを精度よく実施することができるという効果を奏する。

【0043】実施の形態2. 市街地では、基地局から放射された電波は、直接波、多重反射波、多重回折波等の種々の形態で別個の通信経路を経て受信される。実施の形態1では、これらの直接波、多重反射波、多重回折波等をレイトレースして、各基地局候補点毎の通信可能エリアをシミュレーションにより導いている。しかし、直接波、多重反射波、多重回折波等の各種の伝播形態に係る電波をレイトレースするには、相当の計算時間を要することになる。また、一般的に、直接波のレベルは反射波や回折波と比較すると強くなっている。



【0044】この実施の形態では、上記の問題点および特性等を考慮して、各基地局候補点毎の通信可能エリアをシミュレーションにより導くに際して、直接波のみに係るレイトレーシングを実施して、各エリア評価点での受信電力を算出し、各エリア評価点において通信可能か否かを判定する。

【0045】以上のように、この実施の形態2によれば、各基地局候補点毎の通信可能エリアを導く際に、直接波のみに係る受信電力を基にして各エリア評価点における通信可能性を判定するように構成したので、レイトレーシングのアルゴリズムを簡略化できるとともに、基地局の配置パターンの決定に費やされる時間を短縮することができるという効果を奏する。

【0046】実施の形態3、指向性の異なる複数の基地局アンテナを用いる無線システムに関して基地局の配置パターンの決定を実施する場合には、指向性に係る基地局の種類も含めた配置パターンの決定が必要となる。この実施の形態では、指向性に代表される基地局を類別するための種類について、複数の種類の基地局に係る基地局の配置パターンの決定が実施できるようにする。具体的には、それぞれの基地局候補点について、想定される基地局の各種類毎に、シミュレーションにより通信可能エリアを導く。

【0047】図10は、2種類の指向性の異なるアンテナを用いた場合の図2と同一の対象地域に係るシミュレーション結果を示す図である。図10において、図5と同一符号は同一または相当部分を示すのでその説明を省略する。10は第1の指向性を有するアンテナを備えた基地局が設置される基地局候補点、11は第2の指向性を有するアンテナを備えた基地局が設置される基地局候補点、12で示される丸印は第1の指向性を有するアンテナを備えた基地局が候補点10に設置された場合にシミュレーションにより通信が可能であると判定された通信可能位置、13で示される三角印は第2の指向性を有するアンテナを備えた基地局が候補点11に設置された場合にシミュレーションにより通信が可能であると判定された通信可能位置である。なお、通信可能位置12と通信可能位置13とは、別個のシミュレーションにより導かれるものであるが、説明を簡単にするために、図10では2つの通信可能エリアを合成している。

【0048】図10に示されるように、通信可能エリアは、基地局アンテナの指向性の種類により異なっている。実施の形態1では、各基地局候補点については基地局設置場所として選択されるか否かの2種類の状態が想定されているのみであるので、基地局候補点毎に1ビットの数字を割り当てれば遺伝子情報の作成が可能である。これに対して、この実施の形態では、各基地局候補点について、第1の指向性を有するアンテナを備えた基地局設置場所として選択される状態、第2の指向性を有するアンテナを備えた基地局設置場所として選択される

状態、および基地局設置場所として選択されない状態の3つの状態が想定される。この場合、例えば各状態を“0”、“1”、“2”で表現するか、あるいは基地局候補点毎のビット数の割り当てを2として各状態を“00”、“01”、“10”で表現することで、実施の形態1と同様に遺伝的アルゴリズムを適用することができ、設置される基地局の種類も考慮した最適な基地局配置パターンを得ることができる。

【0049】また、送信電力の異なる複数の基地局アンテナを用いる無線システムに関して基地局の配置パターンの決定を実施する場合には、送信電力に係る基地局の種類も含めた配置パターンの決定が必要となる。そこで、この場合にも、指向性に係る種類を考慮した場合と同様に、それぞれの基地局候補点について、送信電力に関して想定される基地局の各種類毎に、シミュレーションにより通信可能エリアを導く。

【0050】図11は、2種類の送信電力の異なるアンテナを用いた場合の図2と同一の対象地域に係るシミュレーション結果を示す図である。図11において、図5と同一符号は同一または相当部分を示すのでその説明を省略する。20は大電力のアンテナを備えた基地局が設置される基地局候補点、21は小電力のアンテナを備えた基地局が設置される基地局候補点、22で示される丸印は大電力のアンテナを備えた基地局が候補点20に設置された場合にシミュレーションにより通信が可能であると判定された通信可能位置、23で示される三角印は小電力のアンテナを備えた基地局が候補点21に設置された場合にシミュレーションにより通信が可能であると判定された通信可能位置である。この場合にも、各基地局候補点について、大電力のアンテナを備えた基地局設置場所として選択される状態、小電力のアンテナを備えた基地局設置場所として選択される状態、および基地局設置場所として選択されない状態の3つの状態を想定するとともに、当該状態数に応じた適切な遺伝子情報表現形式を選択することで、実施の形態1と同様に遺伝的アルゴリズムを適用することができ、設置される基地局の種類も考慮した最適な基地局配置パターンを得ることができる。

【0051】以上のように、この実施の形態3によれば、それぞれの基地局候補点について想定される基地局の各種類毎にシミュレーションにより通信可能エリアを求めるとともに、基地局の種類数に応じた適切な遺伝子情報表現形式を選択することで、設置される基地局の種類も考慮した遺伝的アルゴリズムの適用が可能となつて、設置される基地局の種類も考慮した最適な基地局配置パターンを得ることができるという効果を奏する。

【0052】実施の形態4、実際の市街地においては、道路上を走行する車両と通信を実施する基地局が通信中に変更されるハンドオーバーが生じる。特に車両が高速で移動する高速道路等では、ハンドオーバーの回数が増加す

ることが予想される。しかし、安定した通信を実施するためには、ハンドオーバーの回数が少ないことが望ましい。図12は、基地局配置の対象地域を示す概略図である。図12において、図5と同一符号は同一または相当部分を示すのでその説明を省略する。30は、基地局配置の対象地域に通された高速道路である。上記の理由から、高速道路30上のエリア評価点をカバーする基地局の数はできる限り少ないのが望ましい。

【0053】この実施の形態では、ハンドオーバーの回数を低減することを図って、特定の複数のエリア評価点の集合からなる領域をカバーする基地局の数をできる限り少なくする。実施の形態1では、適応度を算出するにあたって、全エリア評価点が通信可能エリアになるとともに基地局候補点の数が少ないものほど値が大きくなる評価関数が設定されている。これに対して、この実施の形態では、全エリア評価点が通信可能エリアになり、基地局候補点の数が少なく、さらに特定の複数のエリア評価点の集合からなる領域をカバーする基地局の数が少なくなるほど値が大きくなる評価関数を設定する。そして、遺伝的アルゴリズムを用いて、この評価関数の与える適合度を最大にする基地局候補点の組み合わせを求め

ことで、ハンドオーバーの回数が低減される基地局の配置パターンを得ることができる。

【0054】以上のように、この実施の形態4によれば、特定の複数のエリア評価点の集合からなる領域をカバーする基地局の数が少なくなるほど値が大きくなる評価関数を設定するように構成したので、当該特定の領域として高速道路等を与えれば、高速移動する車両等からの通信に係るハンドオーバーの回数をできる限り少なくすることができるから、安定した通信を実現することができるという効果を奏する。

【0055】実施の形態5、実際の市街地においては、基地局設置可能な基地局候補点に応じて、基地局設置費用および当該基地局候補点に設置できる基地局自体のコスト等が異なり、基地局候補点毎に基地局設置に費やされるコストは相違する。図13は、基地局配置の対象地域を示す概略図である。図13において、図5と同一符号は同一または相当部分を示すのでその説明を省略する。40で示される丸印は比較的成本の高い基地局、41で示される三角印は比較的成本の低い基地局である。図13に示されるように、コスト面で基地局を分類することができ、基地局全体のトータルコストの低減を図ることが考えられる。

【0056】この実施の形態では、トータルコストの低減を図って、全エリア評価点が通信可能エリアになり、基地局候補点の数が少なく、さらに基地局設置に係るトータルコストが低くなるほど値が大きくなる評価関数を設定する。そして、遺伝的アルゴリズムを用いて、この評価関数の与える適合度を最大にする基地局候補点の組み合わせを求め

る。基地局の配置パターンを得ることができる。

【0057】以上のように、この実施の形態5によれば、基地局設置に係るトータルコストが低くなるほど値が大きくなる評価関数を設定するように構成したので、トータルコストが低減された基地局の配置パターンを得ることができるという効果を奏する。

【0058】実施の形態6、実際に基地局の配置を実施する際には、自由に基地局を設置できるものではなく、制限がある場合が多い。特に、一度基地局の設置が実施された後あるいは基地局の設置が確定された後に、さらに基地局を追加してデッドエリアを減らしたい場合等が想定される。

【0059】この実施の形態では、上記の問題点を考慮して、予め幾つかの基地局の配置が決定されていることを前提として、これら既設の基地局または設置確定の基地局によりカバーできない領域について基地局の配置パターンの決定を実施する。具体的には、基地局配置の対象地域について、既設の基地局または設置確定の基地局による通信可能エリアをシミュレーションにより特定する。そして、既設の基地局または設置確定の基地局について通信不可能位置と判定されるエリア評価点の集合からなるデッドエリアを特定する。さらに、適応度を算出するにあたって、デッドエリアに属する全てのエリア評価点が通信可能エリアになるとともに基地局が新設される基地局候補点の数が少ないものほど値が大きくなる評価関数を設定する。そして、遺伝的アルゴリズムを用いて、この評価関数の与える適合度を最大にする基地局候補点の組み合わせを求め

ことで、既設の基地局等が存在する場合でも最適な基地局の配置パターンを得ることができる。

【0060】以上のように、この実施の形態6によれば、全てのエリア評価点のなかで既設の基地局等について通信不可能位置と判定されるエリア評価点の集合からなるデッドエリアを特定し、またデッドエリアに属する全てのエリア評価点が通信可能エリアになるとともに基地局が新設される基地局候補点の数が少ないものほど値が大きくなる評価関数を設定するように構成したので、既設の基地局等が存在する場合でも最適な基地局の配置パターンを得ることができるという効果を奏する。

【0061】なお、上記の実施の形態1から実施の形態6による基地局配置パターン決定方法に係るアルゴリズムをコーディングしたプログラムを市街地の電子地図を操作するGUIプログラム等と組み合わせることで、市販のパーソナルコンピュータ、ワークステーション等を用いてこの配置パターン決定方法を実施することができる。さらに、上記の実施の形態1から実施の形態6による基地局配置パターン決定方法を実行させるためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録することが可能である。

【0062】



【発明の効果】以上のように、この発明によれば、基地局配置の対象地域についての地図を用意する第1のステップと、基地局候補点を指定する第2のステップと、エリア評価点を指定する第3のステップと、各基地局候補点毎に当該候補点に基地局が建造された場合の通信可能エリアを導く第4のステップと、遺伝的アルゴリズムを適用して評価関数の与える適合度を最大にする遺伝子情報を探索して、最適な基地局配置パターンを決定する第5のステップとを有するように構成したので、遺伝的アルゴリズムを用いることにより、膨大な解候補の空間から効率よく基地局候補点の組み合わせに係る解を見つけることができるという効果を奏する。また、遺伝的アルゴリズムの特性に基づいて、基地局候補点の組み合わせの初期設定はランダムに実施すればよいので、専門的知識を要求されることもなく、配置パターンの作成に要する手間を省くことができるという効果を奏する。さらに、遺伝的アルゴリズムが適合度のより高い個体の遺伝子が次世代により多く受け継がれるように設定されているので、世代を経るごとにより適合度の高いものが生成されるから、最適な基地局の配置パターンを得ることができるという効果を奏する。

【0063】この発明によれば、第4のステップにおいて、各基地局候補点毎に全てのエリア評価点の受信電力をシミュレーションにより求めるように構成したので、各基地局候補点毎の通信可能エリアを簡便に求めることができるという効果を奏する。

【0064】この発明によれば、第4のステップにおいて、各基地局候補点に基地局を仮設して、その際の全てのエリア評価点における受信電力を実測することで、各基地局候補点毎に全てのエリア評価点の受信電力を求めるように構成したので、シミュレーションによる誤差の影響を排除することができて、最適な基地局配置パターンの決定を精度よく実施することができるという効果を奏する。

【0065】この発明によれば、第4のステップにおいて、各エリア評価点が通信可能位置であるか否かを判定するために用いられる受信電力のしきい値に所定の幅のマージンを設けて、その範囲のなかから実際の通信環境に応じて適切なしきい値を選択するように構成したので、様々な計算誤差の影響を低減できる可能性があるとともに、実際の通信環境に応じた通信可能エリアを導くことができるという効果を奏する。

【0066】この発明によれば、第5のステップにおいて、全エリア評価点が通信可能エリアになるとともに、基地局設置に係る基地局候補点の数が少ないものほど値が大きくなる評価関数を設定するように構成したので、全エリア評価点が通信可能エリアとなる基地局配置パターンのなかで最も基地局設置に係る基地局候補点の数が少ない基地局配置パターンを最適なパターンとして得ることができるという効果を奏する。

【0067】この発明によれば、第5のステップにおいて、全エリア評価点のなかで所定の割合以上のエリア評価点が通信可能エリアに含まれるとともに、基地局設置に係る基地局候補点の数が少ないものほど値が大きくなる評価関数を設定するように構成したので、通信可能エリアに対する条件が緩和されるために、得られた基地局配置パターンにより大部分の領域をカバーできるとともに、基地局の数を減らすことができるという効果を奏する。

【0068】この発明によれば、第4のステップにおいて、各基地局候補点毎に各エリア評価点の受信電力をシミュレーションにより求める際に、直接波のみに係るレイトレーシングを実施して各エリア評価点での受信電力を算出するように構成したので、レイトレーシングのアルゴリズムを簡略化できるとともに、基地局の配置パターンの決定に費やされる時間を短縮することができるという効果を奏する。

【0069】この発明によれば、第4のステップにおいて、それぞれの基地局候補点について想定される基地局の各種類毎に全てのエリア評価点の受信電力を求めて通信可能エリアを導き、また第5のステップにおいて、基地局の種類数に応じた遺伝子情報表現形式を選択するように構成したので、設置される基地局の種類も考慮した遺伝的アルゴリズムの適用が可能となつて、設置される基地局の種類も考慮した最適な基地局配置パターンを得ることができるという効果を奏する。

【0070】この発明によれば、第5のステップにおいて、特定の複数のエリア評価点の集合からなる領域をカバーする基地局の数が少なくなるほど値が大きくなる評価関数を設定するように構成したので、当該特定の領域として高速道路等を与えれば、高速移動する車両等からの通信に係るハンドオーバーの回数をできる限り少なくすることができるから、安定した通信を実現することができるという効果を奏する。

【0071】この発明によれば、第5のステップにおいて、基地局配置の対象地域における基地局設置に係るトータルコストが低くなるほど値が大きくなる評価関数を設定するように構成したので、トータルコストが低減された基地局の配置パターンを得ることができるという効果を奏する。

【0072】この発明によれば、第4のステップにおいて、既設の基地局または設置確定の基地局について通信不可能位置と判定されるエリア評価点の集合からなるデッドエリアを特定し、また第5のステップにおいて、デッドエリアに属する全てのエリア評価点が通信可能エリアになるとともに基地局が新設される基地局候補点の数が少ないものほど値が大きくなる評価関数を設定するように構成したので、既設の基地局または設置確定の基地局が存在する場合でも最適な基地局の配置パターンを得ることができるという効果を奏する。

17

【0073】この発明によれば、上記の基地局配置パターン決定方法を実行させるためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録したので、当該記録媒体を入手すれば、市販のパーソナルコンピュータやワークステーションを用いて、最適な基地局配置パターンを決定することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1による基地局配置パターン決定方法を示すフローチャートである。

【図2】 基地局配置の対象地域を示す概略図である。

【図3】 図2と同一の対象地域において指定されたエリア評価点を示す図である。

【図4】 シミュレーションにおける電波伝播の様態を示す図である。

【図5】 図2と同一の対象地域に係るシミュレーション結果を示す図である。

【図6】 遺伝的アルゴリズムを用いた最適探索方法を示すフローチャートである。

【図7】 基地局候補点の組み合わせに係る表現形式を示す図である。

【図8】 交叉処理による個体生成を示す図である。

【図9】 突然変異処理による個体生成を示す図である。

【図10】 2種類の指向性の異なるアンテナを用いた

場合の図2と同一の対象地域に係るシミュレーション結果を示す図である。

【図11】 2種類の送信電力の異なるアンテナを用いた場合の図2と同一の対象地域に係るシミュレーション結果を示す図である。

【図12】 基地局配置の対象地域を示す概略図である。

【図13】 基地局配置の対象地域を示す概略図である。

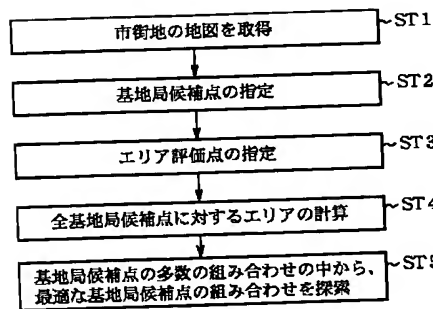
【図14】 従来の基地局配置パターン決定方法を示すフローチャートである。

【図15】 基地局の配置パターンおよび当該配置パターンに基づく通信可能エリアを示す図である。

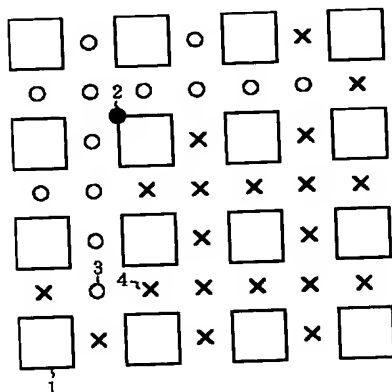
【符号の説明】

1 建築物、2 基地局候補点、3 通信可能位置、4 通信不可能位置、10、20 第1種類の基地局が設置される基地局候補点、11、21 第2種類の基地局が設置される基地局候補点、12、22 第1種類の基地局に係る通信可能位置、13、23 第2種類の基地局に係る通信可能位置、30 高速道路40 コストの高い基地局、41 コストの低い基地局、S1、S2、…、Sm 基地局候補点、P1、P2、…、Pn エリア評価点。

【図1】



【図5】



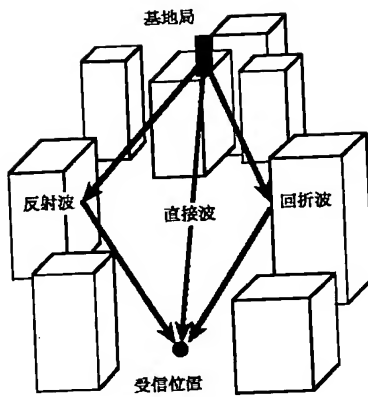
【図7】

$m$ 個  
 $g: (1010 \dots 01)$

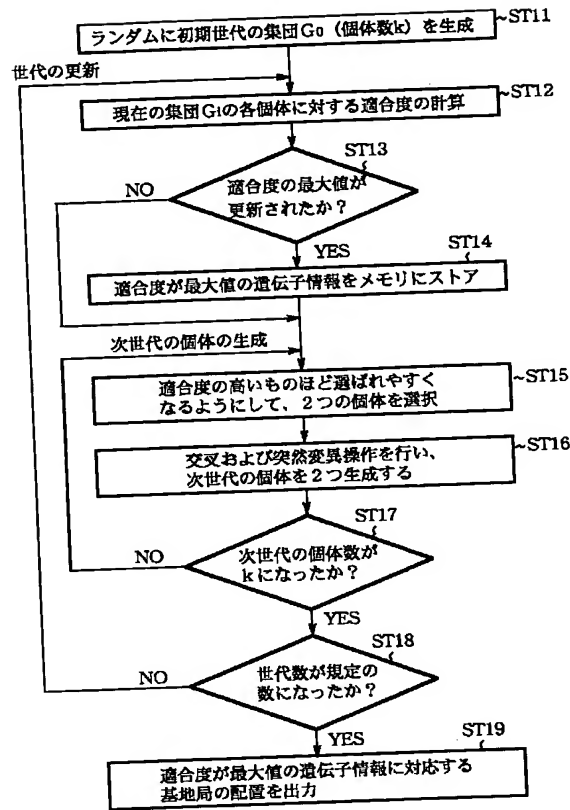
【図8】

$g_1: \overbrace{0100}^{I_1} \overbrace{110110}^{J_2}$        $g_2: \overbrace{1010}^{J_1} \overbrace{010011}^{J_2}$   
 ↓ 交叉  
 $g'_1: \overbrace{0100}^{I_1} \overbrace{010011}^{J_2}$        $g'_2: \overbrace{1010}^{J_1} \overbrace{110110}^{J_2}$

【図 4】

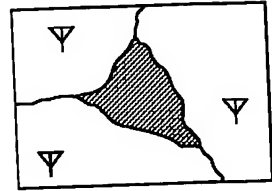


【図 6】

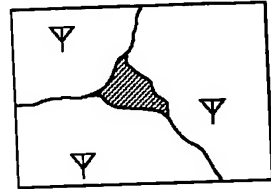


【図 15】

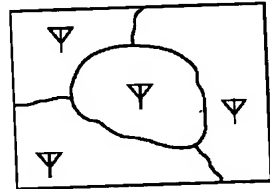
(a) 配置パターンA



(b) 配置パターンB



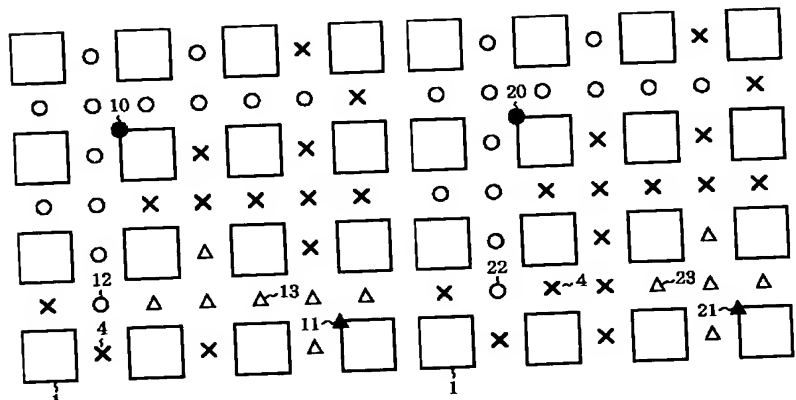
(c) 配置パターンC



【図 9】

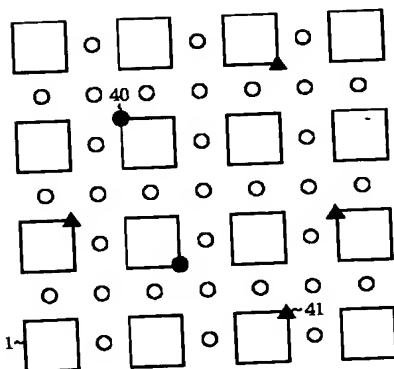
g1: 0100110110  
↓ 突然変異  
g1: 0101010010 ✓ の遺伝子を突然変異させた

【図 10】

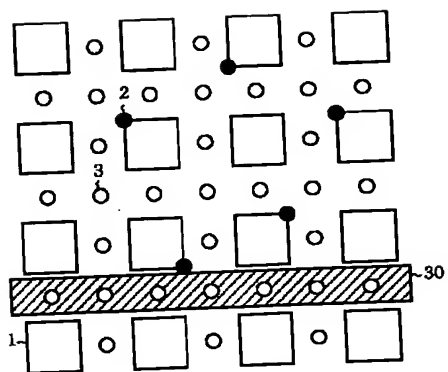


【図 11】

【図 13】



【図 12】



【図 14】

